

(19) Japan Patent Office (JP)  
(12) Patent Publication Announcement(A)

(11) Patent Number  
1999-41958

(45) Date of publication: February 12, 1999

(51) Int. Cl<sup>2</sup> Classification no.  
H 02 N 11/00  
H 01 L 35/30  
35/32

F1  
H 02 N 11/00 A  
H 01 L 35/30  
35/32 Z

Examination requested: Yes Number of pages requested: 2 OL (Total 5 pages)

(21) Patent application "PatAp" 1997-189772	(71) Applicant: 000001052 Kubota Corporation 1-2-47 Shikitsu-higashi, Naniwa-ku, Osaka
(22) Application date July 15, 1997	(72) Inventor: Kagawa Shuzo Kubota Corporation Research & Development 1-1 Hama 1-chome, Amagasaki-shi, Hyogo
	(74) Agent: Maruyama Toshiyuki, Attorney (and 1 other)

(54) **Name of invention** Thermoelectric power generator device

(57) **Summary of invention**

[Problem]

In a thermal electric power generator, to reduce the amount of electric power required in the circulation pump to circulate heating medium for heating the high-temperature side contact area in the thermoelectric module.

[Means of resolution]

Heat transfer pipes 40 wherein a heating medium circulates and heats high temperature end contact part 31 of thermoelectric module 30; a heat receiving part 42 placed within [a] heat source and wherein heating medium is heated; and a heat radiating part 44 placed outside of said heat source and heating high-temperature side contact part of said thermoelectric module, whereby; said heat receiving part has outlet 42b placed in a higher position than inlet 42a, said heat radiating part has inlet 44a placed in a higher position than outlet 44b, and said heat radiating part has inlet 44a placed in a higher position than heat receiving part outlet 42b

**Scope of Claim for Patent**

Claim 1

A thermoelectric power generator, comprising;

a thermoelectric module (30) having a high-temperature side contact part (31) and low temperature contact part (32) and;

heat transfer pipes (40) wherein a heating medium circulates and heats high-temperature side contact part (31), and;

a cooling device (50) cooling low-temperature side contact part (32) of [said] thermal module; whereby

[said] thermoelectric power generator device (20) performs thermoelectric power generation by means of a temperature differential arising between [said] high-temperature side contact part and low-temperature side contact part of [said] thermoelectric module, and;

[said] heat transfer pipes (40) comprise a heat receiving part (42) placed within [a] heat source wherein heating medium is heated, and a heat radiating part (44) placed outside [said] heat source and heating [said] high-temperature side contact part of [said] thermoelectric module, whereby;

[said] heat receiving part has outlet (42b) placed in a higher position than inlet (42a), [said] heat radiating part has inlet (44a) placed in a higher position than outlet (44b), and [said] heat radiating part has inlet (44a) placed in a higher position than heat receiving part outlet (42b).

=====

#### Claim 2

A thermal electric power generator according to Claim 1, whereby;

[said] cooling device (50) has conduit pipes (51) wherein cooling water circulates internally, and a cooling tower (54) wherein cooling water is cooled, and;

[said] conduit pipes (51) have a cooling part (52) cooling [said] low-temperature side contact part (32) of [said] thermoelectric module (30), and;

[said] cooling part (52) has outlet (52b) placed in a higher position than inlet (52a), cooling tower (54) has inlet (54a) placed in a higher position than outlet (54b), and cooling tower inlet (54a) is placed in a higher position than cooling part outlet (52b).

#### Detailed Description of Invention

0001

##### Field to which Invention Belongs

The present invention relates to a thermal electric power generator by means of a thermoelectric module.

0002

##### Prior Art

Thermoelectric modules in general create electrical potential when a temperature differential is applied between the junction areas of pn-element pairs in an array of p-type thermoelectric elements and n-type thermoelectric elements electrically connected through electrode plates. This phenomenon is known as the Seebeck effect, and is used for thermoelectric power generation, for example using waste heat from garbage incinerators.

0003

In such thermoelectric power generator devices, the high-temperature side contact part of a thermoelectric module is heated by means of thermal medium oil circulating within loop-shaped heat transfer tubes, and the low-temperature side contact part of the thermoelectric module is cooled by means of cooling water circulating within a cooling device, thus causing a temperature differential between the high-temperature side contact part and low-temperature side contact part of the thermal module, and [thereby] performing thermoelectric power generation.

0004

In the case of a thermoelectric power generator device using heat transfer tubes filled with thermal medium oil, it is necessary to forcibly circulate the thermal medium oil using a circulation pump. Fig. 5 shows the relationship between the flow rate of thermal medium oil flowing through the high-temperature side contact part of a thermoelectric module and the amount of electric power generated in the thermoelectric module. This data is from a case in which the heat source and thermoelectric module are at approximately the same height, the temperature of the high-temperature side contact part is 130°C, and the temperature of the low-temperature side contact part is 20°C. Referring to Fig. 5, it can be seen that the electrical generation output increases as the flow rate of thermal medium oil flowing through the high-temperature side contact part of the thermoelectric module increases, but at the same time the electric power required to drive the pump also increases. Therefore the net electric power generated decreases once the flow rate of the thermal medium oil exceeds a given point (in Fig. 5 this is approximately 2m/sec).

0005

#### **Problem to be Resolved by the Invention**

For this reason, in a thermoelectric power generator device using thermal medium oil to heat the high-temperature side contact part of a thermoelectric module, the most efficient amount of electric power can be obtained by controlling the thermal medium oil at the optimum flow rate. However, considering the fact that the amount of electric power required to drive the circulation pump is offset against the amount of power generated, efficient thermoelectric generation cannot be achieved solely by controlling the thermal medium oil at the optimum flow rate. It is necessary to reduce the power required to drive the pump as well.

0006

Further, if the low-temperature contact part of a thermoelectric module is cooled by cooling water, a circulation pump is used to circulate the cooling water and therefore it is also necessary to reduce as much as possible the amount of electric power required to drive this [circulation] pump.

0007

#### **Means of Resolving the Problem**

In order to resolve the above problem, a thermoelectric generator device according to the present invention comprises a thermoelectric module having a high-temperature side contact part and low temperature contact part and; heat transfer pipes wherein a heating

medium circulates and heats high-temperature side contact part and; a cooling device cooling low-temperature side contact part of [said] thermal module; whereby [said] thermoelectric power generator device performs thermoelectric power generation by means of a temperature differential arising between [said] high-temperature side contact part and low-temperature side contact part of [said] thermoelectric module, and [said] heat transfer pipes comprise a heat receiving part placed within [a] heat source wherein heating medium is heated, and a heat radiating part placed outside [said] heat source and heating [said] high-temperature side contact part of [said] thermoelectric module. Specifically, [said] heat receiving part has outlet placed in a higher position than inlet, [said] heat radiating part has inlet placed in a higher position than outlet, and [said] heat radiating part has inlet placed in a higher position than heat receiving part outlet.

0008

Note also that said cooling device may be either an air-cooled type or a water-cooled type, but that a water-cooled type is preferable from the standpoint of cooling capacity. Also, among water-cooled types in the event that internal guide pipe[s] circulating a cooling medium and a cooling tower cooling the cooling medium are used, the conduit pipes should preferably have a cooling part cooling [said] low-temperature side contact part of [said] thermoelectric module, and [said] cooling part should have its outlet placed in a higher position than its inlet, [said] cooling tower should have its inlet placed in a higher position than its outlet and [said] cooling tower inlet should be placed in a higher position than [said] cooling part outlet.

0009

#### **Effect of the Invention**

Heating medium is at a low temperature immediately before entering the inlet of the heat receiving part, and begins to increase in temperature immediately upon advancing into the heat receiving part which is inserted into the heat source. Because the density of the thermal medium decreases as it is heated, a natural convection occurs with a natural movement in an upward direction. Because the inlet of the heat radiating part is placed in a higher position than the outlet of the heat receiving part, and temperature is maintained between the heat receiving part and heat radiating part, hot heating medium naturally moves upward out of the outlet of the heat receiving part, reaching the inlet of the heat radiating part effectively with no drop in temperature. Because heating medium reaching the heat radiating part is reduced in temperature as a result of heat exchange with the high-temperature side contact of the thermoelectric module, it thereby increases in density, and therefore naturally moves in a downward direction.

0010

In this manner a natural convection of heating medium occurs in the heat transfer pipes, thereby greatly reducing the amount of work required of the circulation pump in order to circulate heating medium at the desired flow rate. Thus it is possible to increase the net electrical power created by the thermoelectric generator system, and improve the efficiency of electric generation.

0011

Similarly with regard to cooling water flowing in the cooling device, as cooling water cooled in the cooling tower advances into the inlet of the cooling part, heat exchange occurs with respect to the low-temperature side contact part of the thermoelectric module. As a result, the cooling water increases in temperature and decreases in density, and naturally moves in an upward direction by means of natural convection. Thus it is possible to reduce the workload required of the circulation pump in order to circulate cooling water at the desired flow rate.

0012

#### **Form of Embodiment of the Invention**

The following section provides a detailed explanation of specific configurations of a thermoelectric generator according to the present invention, with reference to the drawings. Fig. 1 shows an example of a thermoelectric generator (20) as applied to a garbage incinerator (10), whereby thermoelectric power generation is performed using the waste heat created by combustion of household garbage (16) placed by a crane bucket (12) into the combustion chamber of an incinerator (10).

0013

Thermoelectric generator (20) is configured with a thermoelectric module (30) having a high-temperature side contact part (31) and a low-temperature side contact part (32), heat transfer pipes (40) heating the high-temperature side contact part (31) of the thermoelectric module, and a cooling device (50) cooling the low-temperature side contact part (32) of the thermoelectric module, whereby the thermo-electromotive force created in the thermoelectric module (30) is converted to the same voltage as commercial power sources by means such as being fed to an inverter (22), etc.

0014

In one example of a thermoelectric module (30), p-type thermoelectric elements (34) and n-type thermoelectric elements (35) are joined between a pair of electrode plates (33) (33) and arrayed in a flat plate form horizontally and vertically as shown in Fig. 3, whereby adjoining electrode plates are electrically connected in series by means of solder (36). On top of electrode plates (33) (33) plates of ceramic etc. are joined to create a high-temperature side contact area (31) and low-temperature side contact area (32). Lead wires (37) are attached to the base end and terminal end comprising the thermoelectric elements of [said] electrically parallel circuits.

0015

The thermoelectric elements are not specifically restricted as to materials, and may use, for example, Pb-Te related thermoelectric materials which display excellent thermoelectric characteristics at temperatures from approximately 300°C to approximately 600°C, or Bi-Te related thermoelectric materials which display excellent thermoelectric characteristics at temperatures from room temperature to approximately 300°C. For example it is possible to use a Bi-Te related thermoelectric material having p-type thermoelectric elements of  $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_x$ , where x is from 0.7 to 0.85, and an n-type thermoelectric elements of  $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_x$ , where x is from 0.05 to 0.15.

0016

Heat transfer pipes (40) have a heat receiving part (42) wherein thermal medium is heated, and a heat radiating part (44) heating high-temperature side contact part (32), and heat receiving part (42) and heat radiating part (44) are connected by connecting pipe (45) wherein thermal medium circulates. Connecting pipe (45) is covered with insulating material. Also, circulation pump (46) is placed in connecting pipe (45) connecting the outlet of heat radiating part (44) and the inlet of heat receiving part (42) and causes thermal medium to circulate. Heat radiating part (44) of heat transfer pipes (40) should preferably have a winding pipe configuration like that shown in Fig. 2, in order to greatly increase the surface area of contact with high-temperature side contact part (31) of thermoelectric module (30). Alternatively, a configuration whereby [heat transfer pipes (40)] are embedded in a metal with excellent thermoconductivity is also efficient. Note also in regard to heat receiving part (42) of heat transfer pipes (40) that winding piping similar to heat radiating part (44) should preferably be placed within the heat source, incinerator (10).

0017

A thermal medium used in a thermoelectric generator device according to the present invention should preferably be a thermal medium oil having a large change in density with respect to change in temperature, of which Barrel Therm 400 (Barrel Therm is a trademark of Matsumura Oil Co., Ltd.) may be stated as an example. The density of this thermal medium oil is  $1045 \text{ kg/m}^3$  at  $20^\circ\text{C}$ ,  $990 \text{ kg/m}^3$  at  $100^\circ\text{C}$ ,  $920 \text{ kg/m}^3$  at  $200^\circ\text{C}$ ,  $892 \text{ kg/m}^3$  at  $240^\circ\text{C}$ ,  $852 \text{ kg/m}^3$  at  $300^\circ\text{C}$ , and  $810 \text{ kg/m}^3$  at  $360^\circ\text{C}$ .

0018

Cooling device (50) is comprised of conduit pipes (51) wherein cooling water circulates, and cooling tower (54) wherein cooling water is cooled, and conduit pipes (51) have cooling part (52) cooling low-temperature side contact part (32) of thermoelectric module (30). Circulation pump (57) is placed in conduit pipe (51) connecting the outlet of cooling tower (54) with the inlet of cooling part (52), and causes cooling water to circulate. Cooling part (52) of conduit (51) should preferably have a winding pipe configuration like that shown in Fig. 2, in order to greatly increase the surface area of contact with low-temperature side contact part (32) of thermoelectric module (30). Alternatively, a configuration whereby [conduit (51)] is embedded in a metal with excellent thermoconductivity is also efficient. Note that cooling device (50) need not be restricted to a water cooling method such as that described above, and may also be by means of an air cooling method if necessary.

0019

In a thermoelectric generator according to the present invention, heat radiation part (44) of heat transfer pipe (40) is placed in a higher position than heat receiving part (42). Thus in heat receiving part (42), the outlet (42b) is placed in a higher position than the inlet (42a), and in the heat radiating part (44) the inlet (44a) is placed in a higher position than the outlet (44b), so that the inlet (44a) of the heat radiating part is placed in a higher position than the outlet (42b) of the heat receiving part. Note that in the case of prior thermoelectric generator devices utilizing waste heat from garbage incinerators the heat

source is placed in a substantially high position above the ground, and therefore heat radiating part (44) of heat transfer pipe (40) is placed in a lower position than heat receiving part (42) as shown in Fig. 6.

0020

Also in the case of a water-cooled cooling device (50) as described earlier, in cooling part (52) the outlet (52b) is placed in a higher position than the inlet (52a), and in cooling tower (54) the inlet (54a) is placed higher than the outlet (54b), so that the inlet (54a) of the cooling tower is placed in a higher position than the outlet (52b) of the cooling part.

0021

If for example as shown in Fig. 4, inlet (42a) and outlet (42b) of heat receiving part (42) of heat transfer pipe (40) have the respective temperatures of 240°C and 360°C, and inlet (44a) and outlet (44b) of heat radiating part (44) have the respective temperatures of 360°C and 240°C, and if  $h$  represents the difference in height between outlet (42b) of heat receiving part (42) and inlet (44a) of heat radiating part (42) of heat transfer pipe (40), then it is possible to derive the difference in pressure between heat receiving part (42) and heat radiating part (44) by the following formula. In the case of the aforementioned Barrel Therm 400 thermal medium oil, the density of thermal medium oil is  $892 \text{ kg/m}^3$  at 240°C and  $810 \text{ kg/m}^3$  at 360°C, therefore using  $h \times (\text{density at } 240^\circ\text{C} - \text{density at } 360^\circ\text{C})$  with  $h$  equal to 5 meters, we can calculate a pressure differential of approximately  $0.04 \text{ kgf/cm}^2$ . And because a pressure differential of this magnitude can be obtained within the heat transfer pipe, it will be possible to obtain a flow rate by natural circulation without any problems.

0022

Thus in a thermoelectric generator device by means of the present invention, natural convection occurs in thermal medium flowing through heat transfer pipes, causing natural transfer of thermal medium, and therefore, it is possible to reduce the amount of work by pumps required to circulate thermal medium at the desired flow rate, and [thus] to achieve efficiency in thermoelectric generation. A thermo electric generator device by means of the present invention can obtain high electric generating efficiency when used for example to generate electricity from waste heat in garbage incinerators.

### **Simplified Description of Drawings**

Fig. 1 is an explanatory drawing showing an example of a thermoelectric generator device according to the present invention applied to a garbage incinerator.

Fig. 2 is an oblique drawing showing a simplified configuration of the heat radiating part of the heat transfer pipe and the cooling part of a conduit in the thermoelectric module.

Fig. 3 is an oblique drawing showing a partial cutaway view of a simplified configuration of the thermoelectric module.

Fig. 4 is an explanatory drawing of the heat transfer pipe.

Fig. 5 is a graph showing the relation between the flow rate of thermal medium oil and electric power.

Fig. 6 is an explanatory drawing of a thermoelectric generator according to prior art.

### **Explanation of Symbols**

(10)...	garbage incinerator
(20)...	thermoelectric generator device
(30)...	thermoelectric module
(31)...	high-temperature side contact part
(32)...	low-temperature side contact part
(40)...	heat transfer pipe
(42)...	heat receiving part
(44)...	heat radiating part
(50)...	cooling device



Fig. 1

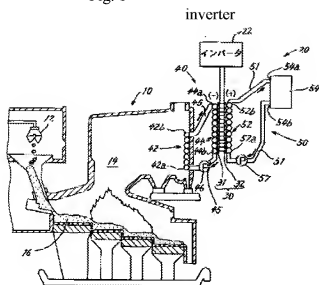


Fig. 2

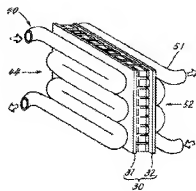


Fig. 3

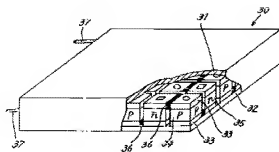


Fig. 4

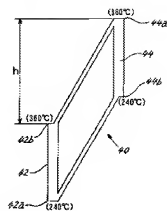


Fig. 5

- Net electric power
- Total power generation
- Pump power use

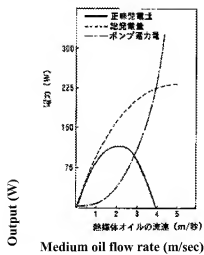
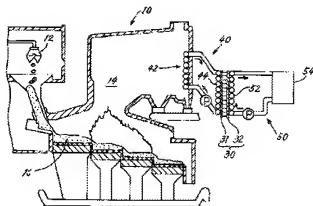


Fig. 6



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-41958

(43)公開日 平成11年(1999)2月12日

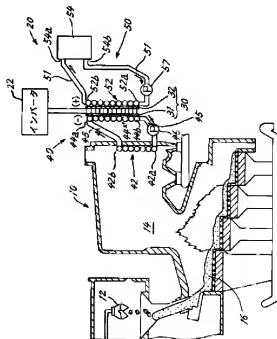
(51)Int.Cl. <sup>6</sup> H 0 2 N 11/00 H 0 1 L 35/30 35/32	識別記号	F I H 0 2 N 11/00 H 0 1 L 35/30 35/32	A  Z
審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)			
(21)出願番号	特願平9-189772		
(22)出願日	平成9年(1997)7月15日		
(71)出願人	000001052		
(72)発明者	株式会社クボタ		
(74)代理人	大坂府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号		
	香川 修三		
	兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社		
	クボタ技術開発研究所内		
	(74)代理人 弁理士 丸山 敏之 (外1名)		

## (54)【発明の名称】 熱電発電装置

## (57)【要約】

【課題】 熱電発電装置において、熱電モジュールの高温側接触部加熱用熱媒体の循環に要する循環ポンプの電力量を少なくする。

【解決手段】 内部を熱媒体が循環し熱電モジュール30の高温側接触部31を加熱する熱輸送管40は、熱媒体が加熱される受熱部42を熱源の中に配備し、熱電モジュールの高温側接触部を加熱する熱放出口44を熱源の外に配備しており、受熱部は出口42bを入口42aよりも高い位置に配置し、熱放出口は入口44aを出口44bよりも高い位置に配置し、熱放出口の入口44aを受熱部の出口42bよりも高い位置に配置する



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高温側接触部(31)及び低温側接触部(32)を有する熱電モジュール(30)と、内部を熱媒体が循環し熱電モジュールの高温側接触部(31)を加熱する熱輸送管(40)と、熱電モジュールの低温側接触部(32)を冷却する冷却装置(50)とを具え、熱電モジュールの高温側接触部と低温側接触部との間に生じた温度差により熱発電を行なう熱発電装置(20)において、熱輸送管(40)は、熱源の中に配備されて熱媒体が加熱される受熱部(42)と、熱源の外に配備されて熱電モジュールの高温側接触部を加熱する熱放出口(44)を有しており、受熱部(42)は、出口(42b)が入口(42a)よりも高い位置に配置され、熱放出口(44)は、入口(44a)が出口(44b)よりも高い位置に配置され、熱放出口の入口(44a)が受熱部の出口(42b)よりも高い位置に配置されていることを特徴とする熱発電装置。

【請求項2】 冷却装置(50)は、内部を冷却水が循環する導管(51)と、冷却水を冷却する冷却塔(54)とを具えており、導管(51)は、熱電モジュール(30)の低温側接触部(32)を冷却する冷却部(52)を有しており、冷却部(52)は、出口(52b)が入口(52a)よりも高い位置に配置され、冷却塔(54)は、入口(54a)が出口(54b)よりも高い位置に配置され、冷却塔の入口(54a)が冷却部の出口(52b)よりも高い位置に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の熱発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱電モジュールによる発電装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】熱電モジュールは、一般的にはp型熱電素子とn型熱電素子が電極板を介して電気的に直列となるように接合されたもので、p、n素子対の接合部間に温度差を与えると電位差が発生する。この現象はゼベック効果として知られており、例えばごみ焼却炉の廃熱を利用した熱発電電用に利用されている。

【0003】この熱発電装置として、ループ状の熱輸送管の内部を循環する熱媒体オイルにより熱電モジュールの高温側接触部を加熱し、冷却装置の内部を流通する冷却水により熱電モジュールの低温側接触部を冷却し、熱電モジュールの高温側接触部と低温側接触部との間に温度差を生じさせて熱発電を行なうものがある。

【0004】熱媒体オイルが封入された熱輸送管を用いる熱発電装置の場合、循環ポンプを用いて、熱媒体オイルを強制的に循環させる必要がある。図5は、熱媒体オイルが熱電モジュールの高温側接触部を流れるときの流速と熱電モジュールの発電量との関係を示している。

このデータは、熱源と熱電モジュールが略同じ高さ位置にあり、高温側接触部の温度が130℃、低温側接触部の温度が20℃のときのものである。図5を参照する

と、熱電モジュールの高温側接触部を流れる熱媒体オイルの流速が速くなるほど発電出力が増加するが、同時にポンプの駆動に要する電力も増大するため、熱媒体オイルの流速が所定の値(図5では約2m/sec)を越えると正味発電量は却って少なくなることを示している。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このため、熱電モジュールの高温側接触部の加熱用に熱媒体オイルを用いた熱発電装置では、熱媒体オイルを最適な流速に管理することにより、最も効率の良い発電量を得ることができると、しかし、循環ポンプの駆動に要する電力は発電量と相殺されることを考えると、熱媒体オイルの最適流速を管理するだけでは効率的な熱発電を達成することはできない。このため、ポンプの駆動に要する電力を可及的に少なくする必要がある。

【0006】さらにまた、熱電モジュールの低温側接触部を冷却水で冷却する場合、冷却水を循環させるために循環ポンプが用いられるため、このポンプを駆動するのに要する電力も可及的に少なくする必要がある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の熱発電装置は、高温側接触部及び低温側接触部を有する熱電モジュールと、内部を熱媒体が循環し熱電モジュールの高温側接触部を加熱する熱輸送管と、熱電モジュールの低温側接触部を冷却する冷却装置とを具えてなり、熱輸送管は、熱源の中に配備されて熱媒体が加熱される受熱部と、熱源の外に配備されて熱電モジュールの高温側接触部を加熱する熱放出口を有しており、受熱部を熱放出口よりも高い位置に配置したものである。具体的には、受熱部は、出口を入口よりも高い位置に配置し、熱放出口は、入口を出口よりも高い位置に配置し、熱放出口の入口を受熱部の出口よりも高い位置に配置するようにしたものである。

【0008】なお、冷却装置は、空冷式又は水冷式のどちらを用いてもよいが、冷却能力の点で水冷式が好ましい。また、水冷式の中でも、内部を冷却媒体が循環する導管と、冷却媒体を冷却する冷却塔を具えた装置を用いる場合、導管は、熱電モジュールの低温側接触部を冷却する冷却部の出口を入口よりも高い位置に配置し、冷却塔は、入口を出口よりも高い位置に配置し、冷却塔の入口を冷却部の出口よりも高い位置に配置することが望ましい。

## 【0009】

【作用及び効果】熱媒体は、受熱部の入口に入る直前では低温であるが、熱源に挿入された受熱部の中に進入すると直ちに昇温を始める。熱媒体は温度上昇と共に密度が小さくなるから、自然対流が生じ、上方に向かって自然移動する。受熱部の出口よりも高い位置に熱放出口の入口を設けてあり、また受熱部と熱放出口の間は保温されているので、高温の熱媒体は受熱部の出口を出て上方

に自然移動し、実質的に温度降下することなく熱放出部の入口に達する。熱放出部に到達した熱媒体は、熱電モジュールの高温側接触部との熱交換により、温度が低下するため、密度が大きくなって下方に自然移動する。

【0010】このように、熱輸送管の中では熱媒体の自然対流が生じているから、熱媒体を所望の流速で循環させるのに必要な循環ポンプの仕事量を大きく低減することができる。従って、熱電発電システムにより発生する正味電力を増大させ、発電効率を高めることができる。

【0011】冷却装置の中を流れる冷却水についても同様に、冷却塔にて冷却された冷却水が冷却部の入口に進入すると、熱電モジュールの低温側接触部と熱交換が行われる。この結果、冷却水は、温度が上昇し、密度が小さくなり、自然対流により上方に向かって自然移動する。従って、冷却水を所望の流速で流通させるのに必要な循環ポンプの仕事量を低減できる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の熱電発電装置の具体的構成を図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の熱電発電装置(20)をごみ焼却炉(10)に適用した例を示しており、クリーンバケット(12)からごみ焼却炉(10)の燃焼室(14)の中に投入された生活ごみ(16)が燃焼する際に発生する廃熱を利用して熱電発電が行われる。

【0013】熱電発電装置(20)は、高温側接触部(31)及び低温側接触部(32)を有する熱電モジュール(30)と、熱電モジュールの高温側接触部(31)を加熱する熱輸送管(40)と、熱電モジュールの低温側接触部(32)を冷却する冷却装置(50)を具えた構成であり、熱電モジュール(30)で発生した熱起電力は、例えばインバータ(22)に送られ、商用電源と同じ電圧に変換される。

【0014】熱電モジュール(30)の一例として、図3に示されるように、一対の電極板(33)(33)の間に接合されたp型熱電素子(34)とn型熱電素子(35)が平板状に縦横に並べられ、隣り合う電極板どうしが半田(36)により電気的に直接接続されたものが使用される。電極板(33)(33)の上には、セラミック等からなる基板が接合され、高温側接触部(31)と低温側接触部(32)を構成している。電気的直列回路の基端と終端となる熱電素子には、リード線(37)が取り付けられる。

【0015】熱電素子の材料は特に限定されるものでなく、熱源の温度に応じて、約300～約600℃の温度で良好な熱起電力特性を示すPb—Te系の熱電材料、常温～約300℃の温度で良好な熱起電力特性を示すBi—Te系の熱電材料などを使用することができる。例えば、Bi—Te系熱電材料では、p型熱電素子として、 $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_x$  ( $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ )<sub>x</sub>であり、xが0.7～0.85のもの、n型熱電素子として、 $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Bi}_2\text{S}_2\text{Te}_3)_x$ であり、xが0.05～0.15のものをを用いることができる。

【0016】熱輸送管(40)は、熱媒体が加熱される受熱部(42)と、熱電モジュール(30)の高温側接触部(32)を加熱する熱放出部(44)を具えており、受熱部(42)と熱放出部(44)は連結パイプ(45)により接続され、内部を熱媒体が循環している。連結パイプ(45)は断熱材で被覆されている。また、熱放出部(44)の出口と受熱部(42)の入口を繋ぐ連結パイプ(45)には、熱媒体を循環させる循環ポンプ(46)が配設される。熱輸送管(40)の熱放出部(44)は、熱電モジュール(30)の高温側接触部(31)との接触面積を大きくして熱交換効率を高めるために、図2に示される如く蛇行した管形態にすることが望ましい。或はまた、熱伝導率の良好な金属に埋め込んだ構造にすることも効果的である。なお、熱輸送管(40)の受熱部(42)についても、熱放出部(44)と同様、蛇行した管を、熱源である焼却炉(10)の中に配備することが望ましい。

【0017】本発明の熱電発電装置に使用される熱媒体は、温度変化に対して密度の変化の大きい熱媒体オイルを使用することが好ましく、例えば、パレルサーム400(Paerl-Saam)は松村石油株式会社(商標名)を例示することができる。この熱媒体オイルの密度は、20℃で1045kg/m<sup>3</sup>、100℃で990kg/m<sup>3</sup>、200℃で920kg/m<sup>3</sup>、240℃で892kg/m<sup>3</sup>、300℃で852kg/m<sup>3</sup>、360℃で810kg/m<sup>3</sup>である。

【0018】冷却装置(50)は、内部を冷却水が循環する導管(51)と、冷却水を冷却する冷却塔(54)を具えており、導管(51)は、熱電モジュール(30)の低温側接触部(32)を冷却する冷却部(52)を有している。冷却塔(54)の出口と冷却部(52)の入口を繋ぐ導管(51)には、冷却水を循環させる循環ポンプ(57)が配設される。導管(51)の冷却部(52)は、熱電モジュール(30)の低温側接触部(32)との接触面積を大きくして熱交換効率を高めるために、図2に示される如く蛇行した管形態にすることが望ましい。或はまた、熱伝導率の良好な金属に埋め込んだ構造にすることも効果的である。なお、冷却装置(50)は、上述の水冷方式に限らず、必要に応じて空冷式にすることも可能である。

【0019】本発明の熱電発電装置は、熱輸送管(40)の熱放出部(44)を受熱部(42)よりも高い位置に配置している。つまり、受熱部(42)は、出口(42b)を入口(42a)よりも高い位置に配置し、熱放出部(44)は、入口(44a)を出口(44b)よりも高い位置に配置した上で、熱放出部の入口(44a)を受熱部の出口(42b)よりも高い位置に配置している。なお、ごみ焼却炉の廃熱を利用した従来の熱電発電装置の場合では、利用する熱源が地上よりかなり高い位置にあることから、熱輸送管(40)の熱放出部(44)は、図6に示すように、受熱部(42)よりも低い位置に設置されていた。

【0020】前述の水冷式冷却装置(50)の場合についても同様に、冷却部(52)は、出口(52b)を入口(52a)よりも高い位置に配置し、冷却塔(54)は、入口(54a)を出口(54

b)よりも高い位置に配置し、冷却塔の入口(54a)を冷却部の出口(52b)よりも高い位置に配置する。

【0021】例えば、図4に示される如く、熱輸送管(40)の受熱部(42)の入口(42a)及び出口(42b)の温度が夫々240℃及び360℃、熱放出口(44)の入口(44a)及び出口(44b)の温度が夫々360℃及び240℃となったとき、熱輸送管(40)の受熱部(42)の出口(42b)と熱放出口(44)の入口(44a)との高さの差を $h$ とすると、受熱部(42)と熱放出口(44)の間では、次式で示される圧力差を得ることができる。 $h \times (240^\circ\text{C}$ での密度 $-360^\circ\text{C}$ での密度) ここで $h$ を5mとし、熱媒体オイルとして前述のバレルサーム400を用いた場合を考えると、この熱媒体オイルの密度は、240℃で892kg/m<sup>3</sup>、360℃で810kg/m<sup>3</sup>であるから、約0.04kgf/cm<sup>2</sup>の圧力差を得ることができる。熱輸送管内でこのような圧力差を得ることができるので、流送を問題にしなれば自然循環も可能であろう。

【0022】このように、本発明の熱電発電装置では、熱輸送管内を流れる熱媒体に自然対流を生じさせて熱媒体を自然移送するから、熱媒体を所望の流送で循環させるのに必要なポンプの仕事を少なくすることができ、熱電発電効率の向上を達成できる。本発明の熱電発電装置は、例えばごみ焼却炉の廃熱を利用した発電において

高い発電効率を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の熱電発電装置をごみ焼却炉に適用した例を説明する図である。

【図2】熱電モジュールに熱輸送管の熱放出口と導管の冷却部を配置した概略構成を示す斜視図である。

【図3】熱電モジュールの概略構成を一部破断して示す斜視図である。

【図4】熱輸送管の説明図である。

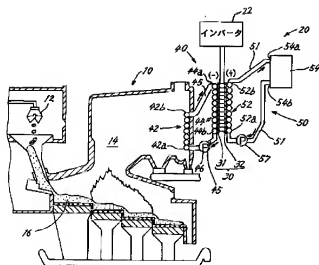
【図5】熱媒体オイルの流送と電力との関係を示すグラフである。

【図6】従来熱電発電装置の説明図である。

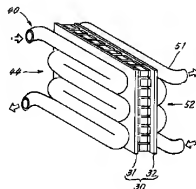
【符号の説明】

- (10) ごみ焼却炉
- (20) 熱電発電装置
- (30) 熱電モジュール
- (31) 高温側接触部
- (32) 低温側接触部
- (40) 熱輸送管
- (42) 受熱部
- (44) 熱放出口
- (50) 冷却装置

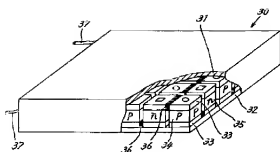
【図1】



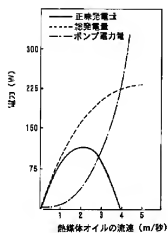
【図2】



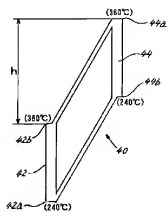
【図3】



【図5】



【図4】



【図6】

